

CTの二次側を開放しては何故イケナイのかという話

さて今回のお題は「CT」に関するものです。

配電の実務ではCTを沢山使います。

CTは大電流を計測するのに必要な機器ですが、二次側を開放したまま一次側に電流を流すと、とんでもない事になります。

何故こんな事になるのかという話です。

この話は電気技術者として確実に理解しておかなければならない事項です。

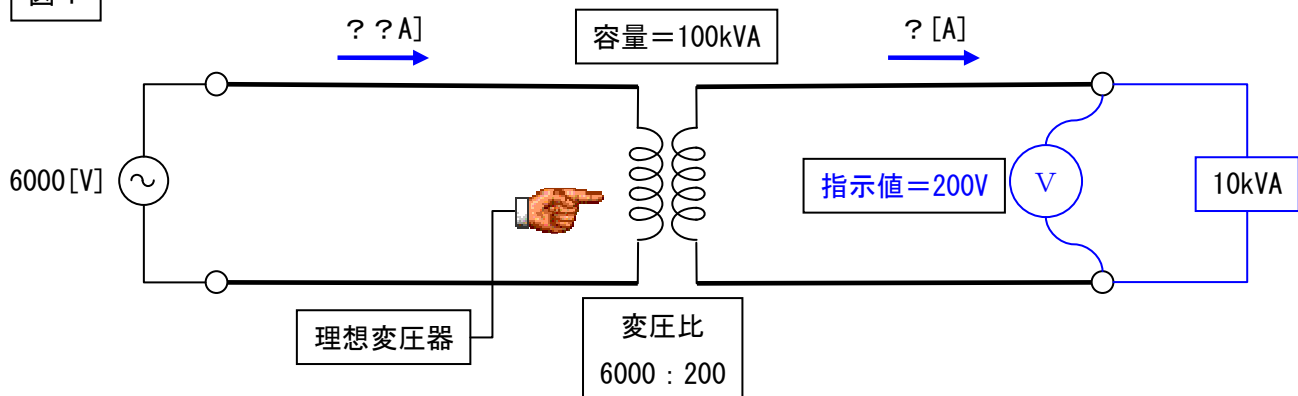
下記の説明(擬き?)をお読み下さい。

平成 鹿年 骨月 吉日

貧電工附属 サイタマ・ドズニールランド・大学 学長 鹿の骨

で・・・、毎度の様にいきなり問題を出します。

図 1



問題 1

図 1 に示された回路の、? 及び ?? の電流値は幾つか?

問題 2

変圧器の巻数比は幾つか? 二次側を「1」として答えよ。

解答

暗算で求まる問題です。

問題 1

$? [A] = 10000 [VA] \div 200 [V] = 50 [A]$

$?? [A] = 10000 [VA] \div 6000 [V] \doteq 1.67A$

問題 2

一次側 : 二次側 = 6000 : 200 = 30 : 1

幾ら何でもこれが解らないとは言わないで下さい。

変圧器の回路定数は全て無視しています。変圧器の容量は計算と無関係です。

引き続き次の問題を解いて下さい。

問題 3

一次側と二次側の変圧比は幾つか? 二次側を「1」として答えよ。

問題 4

一次側の電流と二次側の電流の比率は幾つか? 一次側を「1」として答えよ。

解答

これも暗算で求まります。

問題 3

一次側電圧 : 二次側電圧 = 30 : 1

問題 4

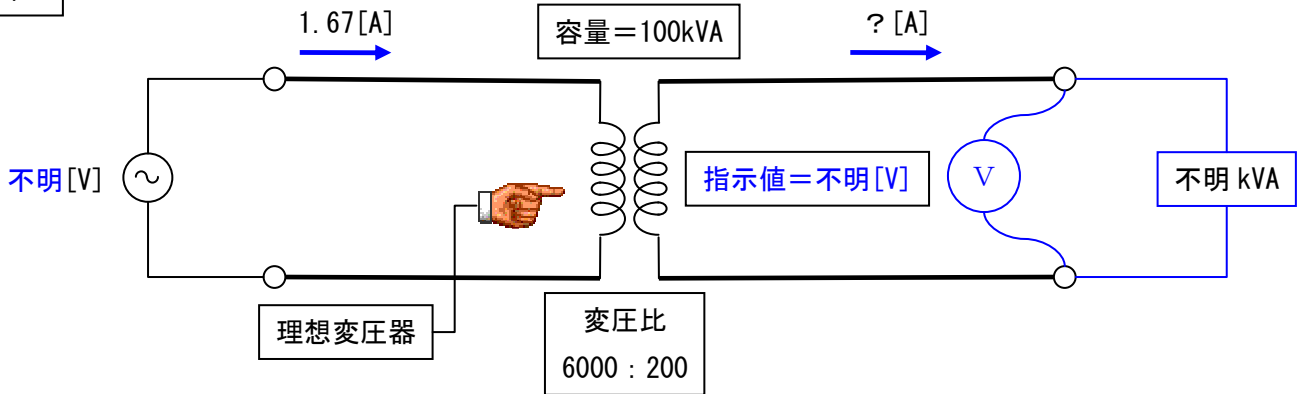
一次側電流 : 二次側電流 = 1 : 30

此処までは当たり前の話です。

問題 4 の答えを覚えておいて下さい。 < == 結構重要です。

さて今度も問題を出します。

図 2



問題 5

図 2 に示された回路の一次側の電流が 1.67 [A] であった。
一次電圧、二次電圧は不明で、二次側に接続された負荷容量も不明である。
この時の二次側電流、? の電流値は幾つか。

解答

変圧比は 30:1 である。
つまり二次側の電流は一次側の電流の 30 倍となるので、? 電流 = 1.67 [A] × 30 倍 = 50 [A] となる。

解説

此処で注意したい事は、**変圧器は変流器にもなっている**事です。
前ページの問題 1 及び問題 4 をもう一度見て欲しいのですが、問題 1 で計算した結果とこの問題 5 は同じ結果になっています。
じゃあ・・・**この時の電流は、電圧が問題 1 と同じ一次側 6600V、二次側 200V の時だけ成立するのか?**と
言う事を考えて下さい。
解説は旨く出来ませんが、この時の電圧は一次側が 6600V になっている必然性は全くありません。
幾つでも良いのです。
ここで理解して欲しい事は下記です。

一次側二次側の電圧に関係なく一次側電流対二次側電流の比率は変圧比の逆数になる。

つまり下記の式になります。

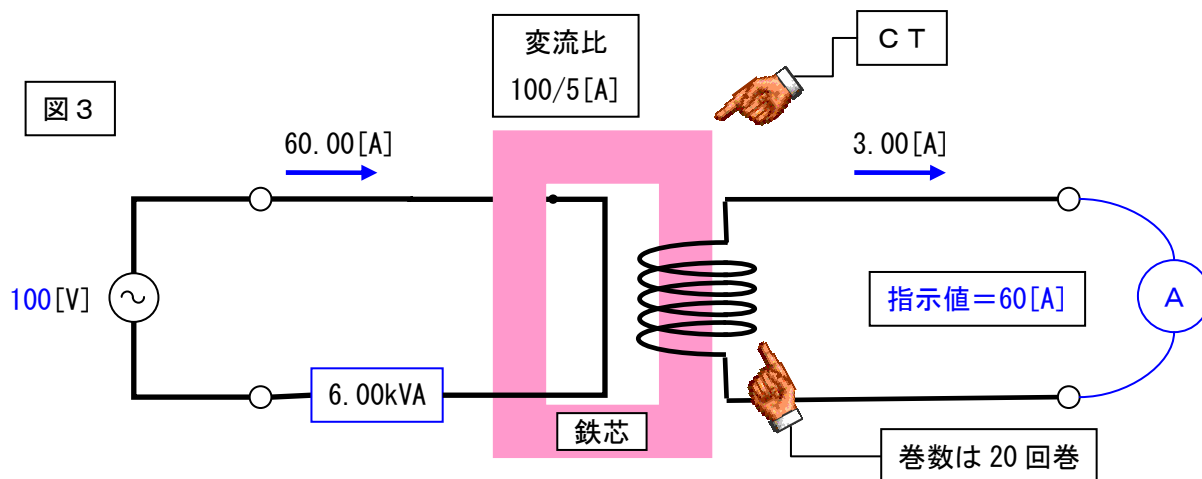
一次電流 : 二次電流 = 1 / 変圧比 : 1 = 1 : 変圧比 (変圧比は二次側を 1 としている。)

くどいようですが、これは非常に重要な事です。
変圧器は文字通り電圧を変換する機器ですが、この様に電流を変換する機器 = 変流器にもなっています。

一次側に流れた電流の変圧比倍の電流が必ず二次側に流れる事を理解して下さい。

一次側に電流が流れて二次側には流れないという事は絶対にありません。
(理想変圧器で考えた場合に限る、実際は励磁電流が単独で一次側には流れる。)
さて次ページでは CT の原理に迫ります。

下図はCTを単相の回路に接続した場合を描いています。



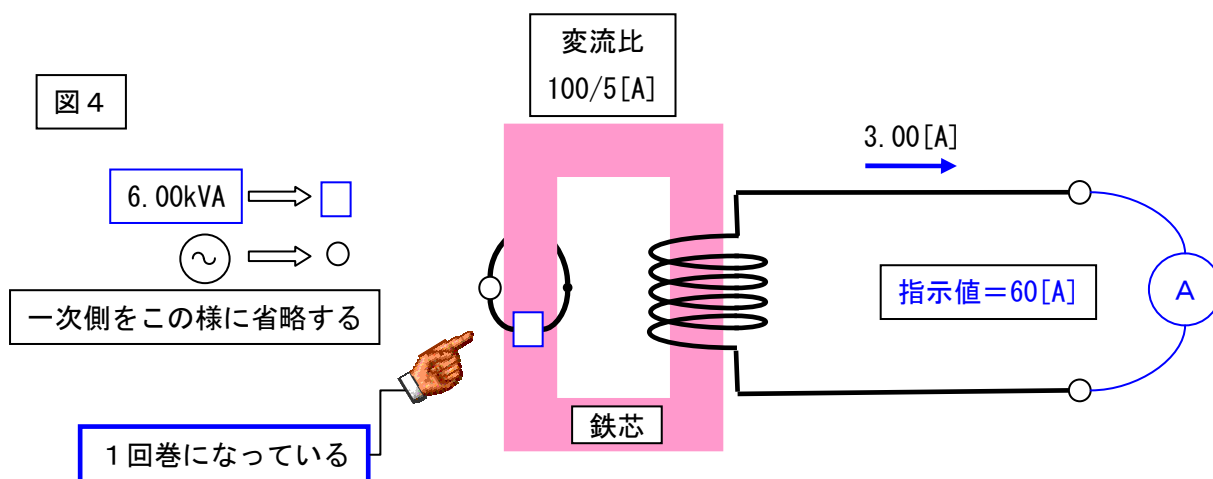
ここで問題

CTの二次側の巻数は20回巻である。では一次側は何回巻き？

怪盗

二次側回路は「20回巻」と言っているから確かに20回巻いているのだと思う。

しかし、一次側は鉄コアの真ん中を一次導体が貫通しているだけで、巻いてはいないのでは無いのか？
実は・・・一回巻になっています。下図参照。



一次側が1回巻になっている事をご理解願えたでしょうか？
この図4をヨーク見ると、次の事が解ります。

コレって、変圧器ジャン！

その通り！

でも何となく普通と違うのです。

何処がどう違うかを次ページで考えます。

図5 普通の変圧器の場合

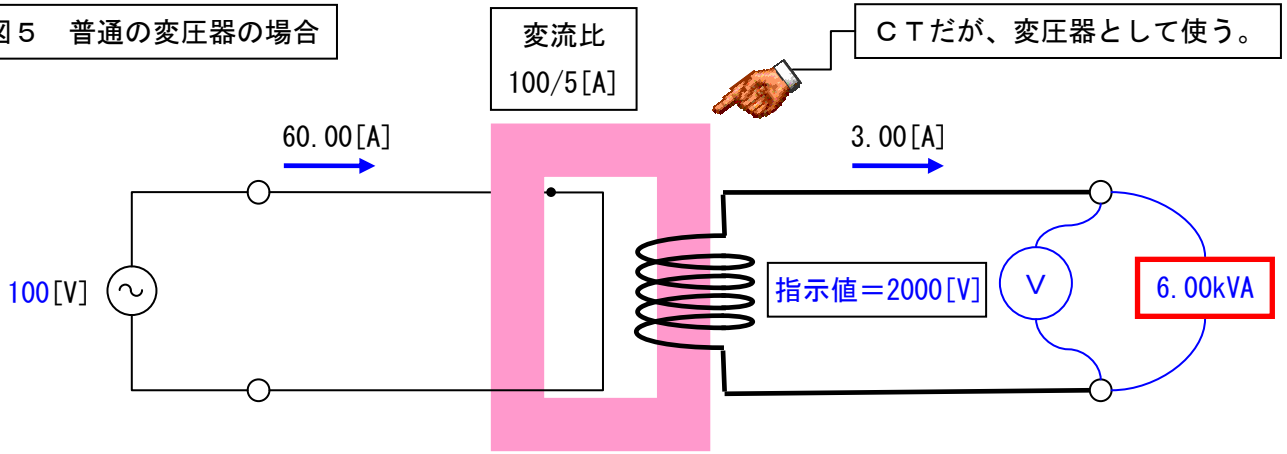


図6 図3再度掲載

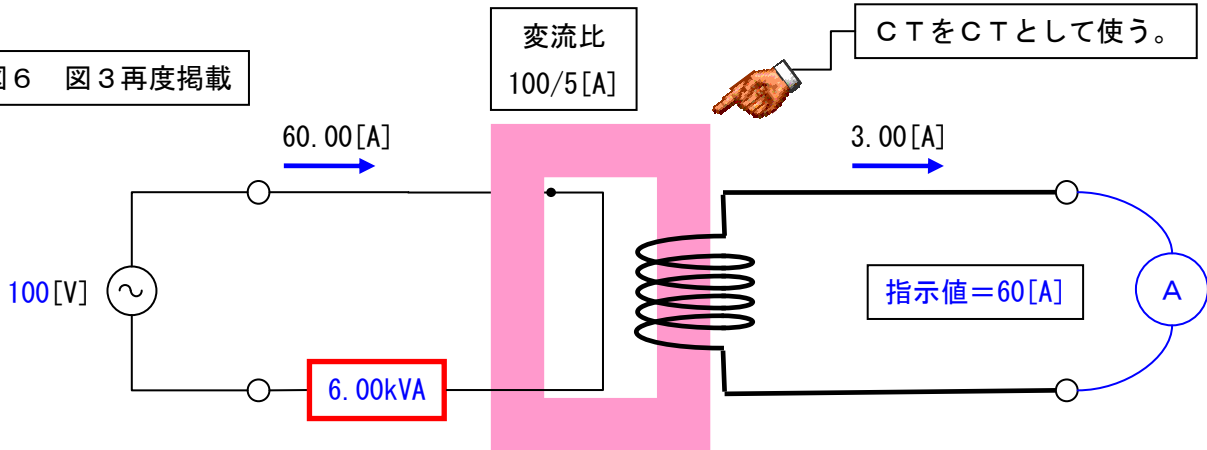


図5の場合と図6の場合、何処が同じで何処が違うのかをみます。

同じ所

一次側は1回巻、二次側は20回巻の変圧器になっている。
だから、一次の電流：二次の電流=20：1に**必ず**なる。

違う所

負荷の位置が違う。
図5の場合は負荷が二次側に接続されている。
これは変圧器の使い方としては普通の使い方である。
因みに二次側の電圧は一次側の20倍になるので2000Vになる。
二次電流は6000VA÷2000V=3.00Aとなる。
一方図6では負荷が一次側に接続されている。
図5とは全く違う。

この時、図6で一次側に流れる電流は、CTがある場合と無い場合で違う電流になるか？
ならない！！

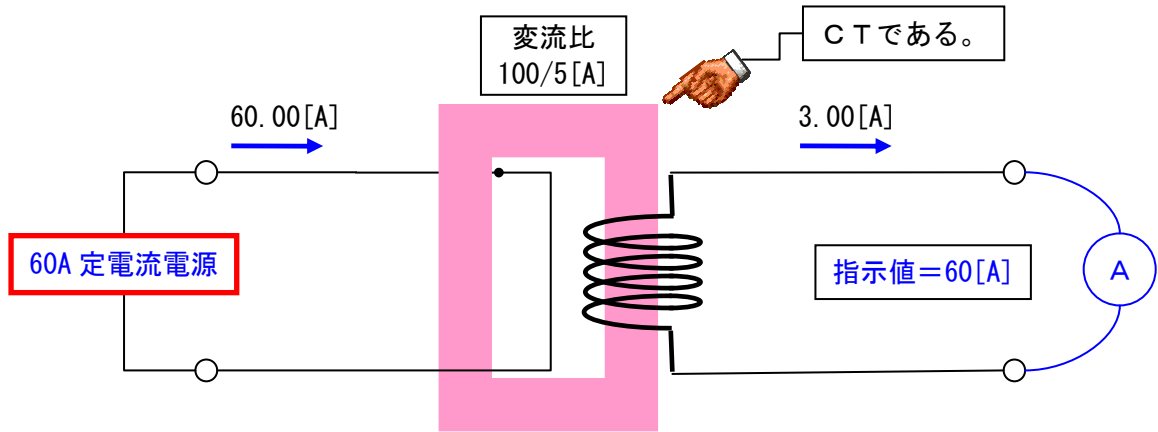
つまり、CTから見ると、一次側の電流は「**定電流電源から供給される電流**」に見えます。
CTの都合で一次電流は決まりません。
図5の場合と決定的に違うところです。

では図6で、この時の一次電圧は何Vか？
定義されない！ 早い話、ワカンナイ！！

では、二次電流はどうなるか？
一次電流の20分の1に、必ずなる。 <==最重要項目！！
一次側の電流の1/20の電流が必ず流れます。
変圧器は変流器にもなっています。
従って、変圧比が1：20の変圧器の電流比は20：1に必ずなります。

これを図示すると次ページのようになります。

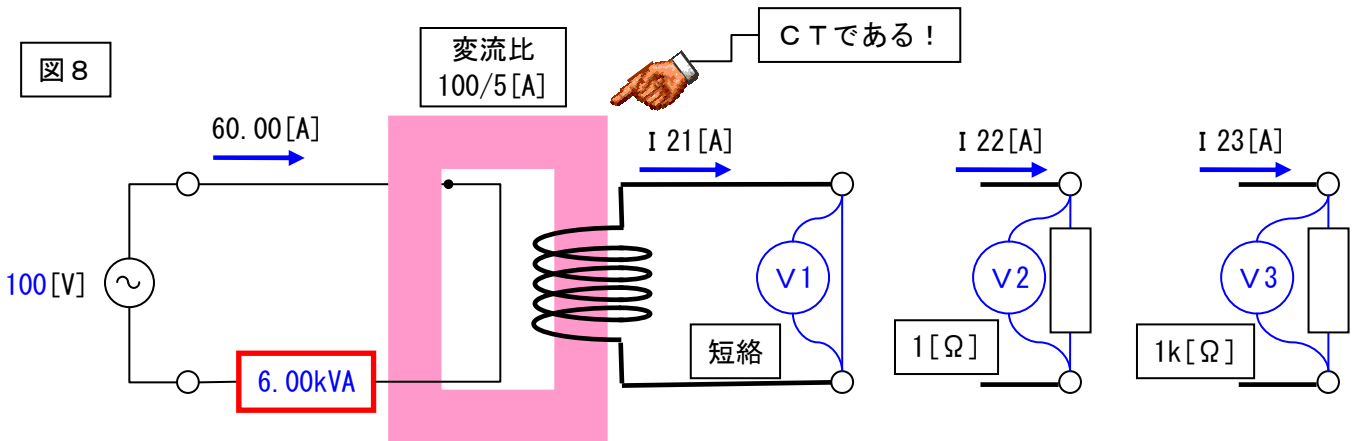
図 7



上図に示すように、一次側に「定電流電源」を接続した場合と等価になります。
通常の場合、電源と言えば「定電圧電源」ですが、今回の場合は「定電流電源」です。

ここで問題

二次側に下記のような抵抗器を接続した。
二次側に流れる電流 I_{21} 、 I_{22} 及び I_{23} は幾つか？
電圧計の値は幾つを指すか？



解答

二次側に流れる電流 $I_{21} = I_{22} = I_{23} = 3.00 [A]$ で、全部同じです。
一次側の電流が $60 [A]$ で固定されています。
従って、二次側の電流も $3 [A]$ で固定されます。
何が何でも一次側の電流は $60 [A]$ ですし、二次側の電流は $3 [A]$ です。

電圧計の振れは、電流×インピーダンスで計算されます。

$$V1 = 3 [A] \times 0 [\Omega] = 0 [V]$$

$$V2 = 3 [A] \times 1 [\Omega] = 3 [V]$$

$$V3 = 3 [A] \times 1000 [\Omega] = 3000 [V]$$

恐らく $1k\Omega$ の抵抗を接続した場合は、実現不可能だと思います。
二次側の端子電圧が $3000 [V]$ にもなりますので、CTが壊れます。
もうお気づきだと思いますが、二次側の抵抗値が大きくなると、二次端子電圧は高い値になります。
ですから、端子を開放にして、 $\infty [\Omega]$ にしてしまうと、とてつもない電圧が発生します。

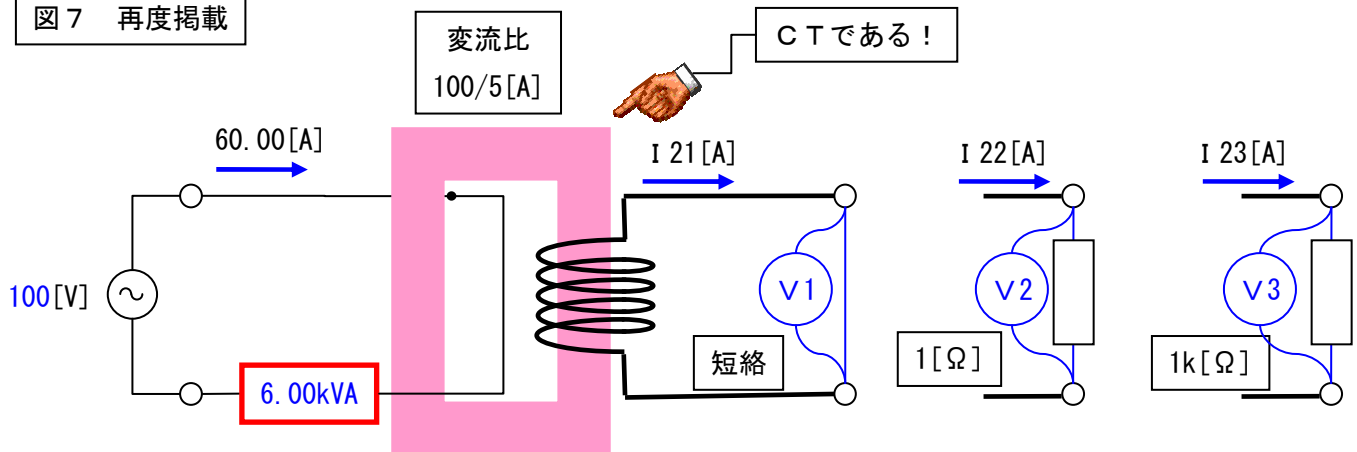
これで、取り敢えず説明は終わりです。

ものの本に依ると、二次側を開放すると「磁気飽和」が起きて二次側に高い電圧が発生すると説明されます。
これで、理解できる知識のある方は、この説明など読む必要は無いと思います。
小生を含め、通常ではこの説明ではチンプンカンプンでサッパリだと思います。
ですから、この様な解説書擬きを作ったわけです。

さて、次ページにオマケがあります。

図7に示す場合、一次電圧はどうなっているのでしょうか？

図7 再度掲載



CTは「一次巻線が1回巻の変圧器だ。」と書きました。これは間違っていない事項だと思いますが、上図の場合、変圧器の原則に従い、一次側には二次側の電圧の変圧比分の1の電圧が出ていなければイケナイ事になります。

例えば、二次抵抗がゼロ(二次回路は短絡)の場合、二次電圧はゼロ[V]ですから一次電圧もゼロ[V]で良いと思います。

ところが、二次抵抗が1[Ω]や1k[Ω]の場合、一次電圧は各々、0.15[V]、150[V]になるはずですが、この電圧は何処に出ているのでしょうか？

ワカンナイです。ハイ！

これに関して、理屈を付けられないでいます。何方か教えて下さい。

最終的に解って欲しい事は下記

変流器は変圧器と原理的には同じ。

一次側の電流と二次側の電流には変流比倍の関係がある。

二次電流＝一次電流の変流比倍となる。(変圧器は変流器にもなっているのでこうなる。)

一次側に電流が流れれば、二次側にも電流が流れないと辻褃が合わない。

二次側を開放してしまうと、二次側に無理矢理電流を流そうとしてとてつもない電圧が発生する。

だから、CTの二次側は絶対に開放してはイケナイ！

オシマイ